

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000322105 A**

(43) Date of publication of application: **24.11.00**

(51) Int. Cl.

G05B 13/02
B23Q 15/00

(21) Application number: **11127560**

(71) Applicant: **TOSHIBA MACH CO LTD**

(22) Date of filing: **07.05.99**

(72) Inventor: **FUJITA JUN**

**(54) SERVO CONTROLLER AND METHOD FOR
STABILIZING AND ADJUSTING SERVO
CONTROLLER**

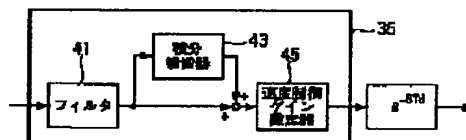
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase the gain of a speed control system by suppressing the gain of a resonance peak while suppressing an increase in phase delay in a low-frequency range to stabilize by building a filter, which has at least characteristics reverse to a couple of antiresonance and resonance characteristics of a controlled system or characteristics approximating them, in a speed controller.

SOLUTION: The speed controller 35 has a filter 41, an integrating compensator 43, and a speed control gain setter 45. The filter 41 is an infinite impulse response filter (IIR filter) and has parameters so set as to operate as a filter having characteristics reverse to a couple of antiresonance and resonance characteristics of the controlled system or approximating characteristics. Consequently, while an increase in the phase delay in the low frequency range is suppressed, the gain of the resonance peak can be suppressed, the gain of the speed

control system can be increased by stabilizing the speed control system, and the feed driving system of an NC machine tool, etc., can be made fast and high in precision.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-322105

(P2000-322105A)

(43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51) Int. Cl.

識別記号

F I

ターミナル (参考)

G 0 5 B 13/02

G 0 5 B 13/02

S 5 H 0 0 4

B 2 3 Q 15/00

B 2 3 Q 15/00

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平11-127560

(22) 出願日 平成11年5月7日 (1999. 5. 7)

(71) 出願人 000003458

東芝機械株式会社

東京都中央区銀座4丁目2番11号

(72) 発明者 藤田 純

静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械株式

会社沼津営業所内

(74) 代理人 100083806

弁護士 三好 秀和 (外7名)

Pターム (参考) 5H004 G068 G815 G816 I068 H008

K803 K805 K823 K825 K828

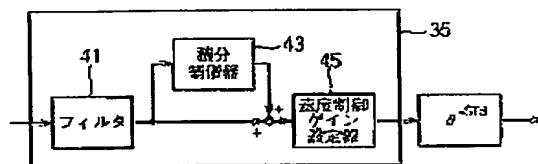
K830 LA13 MA11

(54) 【発明の名称】 サーボ制御装置およびサーボ制御装置の安定化調整方法

(57) 【要約】

【課題】 低域の位相遅れの増加を極力抑えながら、共振ピークのゲインを抑えることにより安定化させて速度制御系のゲインを上げられるようにすること。

【解決手段】 速度指令値と速度フィードバック値との偏差が零になるようにサーボモータを制御する速度制御器を含むサーボ制御装置において、制御対象の少なくとも一組の反共振、共振特性の逆の特性あるいは近似する特性のフィルタ41を速度制御器35に組み込む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 速度指令値と速度フィードバック値との偏差が零になるようにサーボモータを制御する速度制御器を含むサーボ制御装置において、制御対象の少なくとも一組の反共振、共振特性の逆の特性あるいはこれを近似する特性のフィルタが前記速度制御器に組み込まれていることを特徴とするサーボ制御装置。

【請求項2】 前記フィルタは無限インパルス応答フィルタであり、反共振周波数、共振周波数、および反共振、共振の大きさに応じてフィルタのパラメータが設定されていることを特徴とする請求項1に記載サーボ制御装置。

【請求項3】 工作機械、産業機械、ロボット等の送り駆動系で使用されることを特徴とする請求項1または2記載のサーボ制御装置。

【請求項4】 速度指令値と速度フィードバック値との偏差が零になるようにサーボモータを制御する速度制御器を含むサーボ制御装置の安定化調整方法において、前記速度制御器にフィルタを組み込み、当該フィルタの特性を、制御対象の少なくとも一組の反共振、共振特性を打ち消すように調整することを特徴とするサーボ制御装置の安定化調整方法。

【請求項5】 前記フィルタとして無限インパルス応答フィルタを使用し、反共振周波数、共振周波数、および反共振、共振の大きさに応じてフィルタのパラメータを設定することを特徴とする請求項4に記載サーボ制御装置の安定化調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、サーボ制御装置およびサーボ制御装置の安定化調整方法に関し、特に、工作機械、産業機械、ロボット等の送り駆動系で用いられるサーボ制御装置およびサーボ制御装置の安定化調整方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】サーボ制御による工作機械、産業機械、ロボット等の送り駆動系は、一般に、位置ループをメインループとして速度ループを有しており、速度ループは速度制御器により、速度指令値と速度フィードバック値との偏差が零になるようにサーボモータを制御する。

【0003】工作機械の送り駆動系における速度制御系ボード線図は図5に示されているようになり、反共振、共振の組がそれぞれ100Hzと400Hz付近に一組ずつ見られる。なお、図4は、速度制御比例ゲイン $\omega_c = 100$ (rad/s)、一次遅れフィルタカットオフ周波数 $\omega_b = 1200$ (rad/s)でのボード線図である。100Hz付近での反共振は、送り駆動機構の軸方向剛性に起因するものであり、400Hz付近での反共振は、ボールねじのねじり剛性に起因するものであ

る。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のような速度制御系で、応答性向上のためにゲインを上げようすると、共振ピーク周波数付近で不安定になる場合がある。たとえば、速度制御比例ゲインを100 (rad/s)より400 (rad/s)を上げると、図6に示されているような状態になり、この場合には、100Hz付近、400Hz付近のどちらの共振ピークも0 (dB)を超えるが、400Hz付近の位相が180(度)を越えるため、サーボ系が不安定になる。

【0005】これを防ぐため、ローパスフィルタを用いて共振ピークのゲインを下げる事が考えられる。ローパスフィルタは速度制御器に組み込まれており、通常は、一次遅れフィルタである。一次遅れフィルタのカットオフ周波数を下げると、高周波域のゲインを下げる事ができる。図7は、速度制御比例ゲインを上げた状態で、カットオフ周波数を1200 (rad/s)より400 (rad/s)まで下げた場合のボード線図である。この場合、400Hz付近の共振ピークは一応0 (dB)以下に下がるが、100Hz付近の位相余裕が減少し、やはり、サーボ系が不安定になり易いという問題がある。

【0006】これ以外の方法として、帯域阻止フィルタを用いて共振ピークのゲインを抑える方法がある。この例を図8～図10を参照して説明する。図8は制御対象の特性(反共振、共振の組がそれぞれ100Hzと250Hz付近にある場合)を、図9は帯域阻止フィルタの特性を、図10は制御対象の特性と帯域阻止フィルタの特性とを組み合わせた特性を各々示している。この場合も、高周波側の共振ピークはゲインが抑えられて安定になるが、その反面、低周波側の位相遅れが大きくなり、この図では142Hz付近で、不安定になる虞れがある。

【0007】この発明は、上述の如き問題点を解消するためになされたもので、低域の位相遅れの増加を極力抑えながら、共振ピークのゲインを抑えることにより安定化させて速度制御系のゲインを上げられるようにするサーボ制御装置およびサーボ制御装置の安定化調整方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、請求項1に記載の発明によるサーボ制御装置は、速度指令値と速度フィードバック値との偏差が零になるようにサーボモータを制御する速度制御器を含むサーボ制御装置において、制御対象の少なくとも一組の反共振、共振特性の逆の特性あるいはこれを近似する特性のフィルタが前記速度制御器に組み込まれているものである。

【0009】請求項2に記載の発明によるサーボ制御装

置は、前記フィルタは無限インパルス応答フィルタであり、反共振周波数、共振周波数、および反共振、共振の大きさに応じてフィルタのパラメータが設定されているものである。

【0010】請求項3に記載の発明によるサーボ制御装置は、工作機械、産業機械、ロボット等の送り駆動系で使用されるものである。

【0011】また、上述の目的を達成するために、請求項4に記載の発明によるサーボ制御装置の安定化調整方法は、速度指令値と速度フィードバック値との偏差が零になるようにサーボモータを制御する速度制御器を含むサーボ制御装置の安定化調整方法において、前記速度制御器にフィルタを組み込み、当該フィルタの特性を、制御対象の少なくとも一組の反共振、共振特性を打ち消すように調整するものである。

【0012】請求項5に記載の発明によるサーボ制御装置の安定化調整方法は、前記フィルタとして無限インパルス応答フィルタを使用し、反共振周波数、共振周波数、および反共振、共振の大きさに応じてフィルタのパラメータを設定するものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に添付の図を参照してこの発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0014】図1はこの発明によるサーボ制御装置を工作機械の送り駆動系に適用した一つの実施の形態を示している。図1において、1はベッド、3はテーブルを各々示している。ベッド1はブラケット5、7によってボールねじ9を回転可能に支持しており、テーブル3にはボールねじ9と螺合するボールねじナット11が取り付けられている。テーブル3はボールねじ9の回転により*30

$$G_z(s) = \omega_1^2 (s^2 + 2\zeta_1 \omega_1 s + \omega_1^2) / \omega_2^2 (s^2 + 2\zeta_2 \omega_2 s + \omega_2^2) \quad \dots (1)$$

【0020】ここで、 ζ_1 、 ζ_2 、 ω_1 、 ω_2 は各々パラメータとして設定され、 ω_1 を反共振（角）周波数に近い値とし、 ω_2 を共振（角）周波数に近い値とする。 ζ_1 、 ζ_2 は反共振、共振のピークの大きさに応じて設定するものであり、小さめに設定するほうがよい。

【0021】図8に示されているような制御対象の特性を補正するために、 $\omega_1 = 213$ 、0、 $\omega_2 = 230$ 、6、 $\zeta_1 = 0$ 、002、 $\zeta_2 = 0$ とする。このようにパラメータ設定されたフィルタの特性は図3に示されているようになり、これを図8に示されている制御対象の特性と組み合わせると、図4に示されているようになる。

【0022】この図から、制御対象の反共振、共振特性が打ち消され、高周波側の共振ピークが抑えられ、しかも低域の位相遅れはほとんど変わっていないことがわかる。

【0023】このことから、低域の位相遅れの増加を極力抑えながら、共振ピークのゲインを抑えることができ、速度制御系を安定化させて速度制御系のゲインを上

* ボールねじ9の軸線方向に移動する。

【0015】ボールねじ9にはカップリング13によってサーボモータ15が駆動連結されている。サーボモータ15は、ロータリエンコーダ17を有し、数値制御装置21によりフィードバック制御される。

【0016】数値制御装置21は、数値制御用の加工プログラムの解析部23と、補間演算を行う補間器25と、補間器25より与えられる位置指令とロータリエンコーダ17よりの位置フィードバック信号より位置偏差を演算する位置偏差演算部27と、位置偏差にゲインを設定して速度指令を出力する位置制御ゲイン設定器29と、速度指令とロータリエンコーダ17よりの位置フィードバック信号を差分演算器31により差分演算（微分演算）することにより得られ速度フィードバック信号より速度偏差を演算する速度偏差演算部33と、速度偏差に基づいて電流指令をサーボモータ13のアンプ37へ出力する速度制御器35とを有している。

【0017】速度制御器35は、図2に示されているように、フィルタ41と、積分補償器43と、速度制御ゲイン設定器45とを有している。なお、図2において、Tdはむだ時間、sはラプラス演算子である。

【0018】フィルタ41は、無限インパルス応答フィルタ（IIRフィルタ）であり、制御対象の少なくとも一組の反共振、共振特性の逆の特性あるいは近似する特性のフィルタとして動作するよう、パラメータ設定されている。

【0019】フィルタ41は、式（1）に示されているような特性を示すように調整される。

【数1】

げられることができ、NC工作機械等の送り駆動系の高速、高精度化が可能になる。

【0024】なお、この発明によるサーボ制御装置は、工作機械以外に、ロボット、射出成形機等の産業機械の送り駆動系でも同様に使用することができる。

【0025】

【発明の効果】以上の説明から理解される如く、この発明によるサーボ制御装置によれば、制御対象の少なくとも一組の反共振、共振特性の逆の特性あるいはこれを近似する特性のフィルタが速度制御器に組み込まれていることにより、不安定な共振ピークのゲインを抑えることができ安定化し、ゲインを上げられるようになり、サーボの特性が向上し、工作機械、ロボット、射出成形機等の産業機械の性能が向上する。

【0026】また、この発明によるサーボ制御装置およびサーボ制御装置の安定化調整方法によれば、速度制御器に組み込まれたフィルタの特性を、制御対象の少なくとも一組の反共振、共振特性を打ち消すように調整する

ことにより、不安定な共振ピークのゲインを抑えることができ安定化し、ゲインを上げられるようになり、サーボの特性が向上し、工作機械、ロボット、射出成形機等の産業機械の性能が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明によるサーボ制御装置を工作機械の送り駆動系に適用した一つの実施の形態を示す構成である。

【図2】この発明によるサーボ制御装置の速度制御器のブロック図である。

【図3】この発明によるサーボ制御装置の速度制御器に組み込まれるフィルタの特性を示すフィルタ特性図である。

【図4】この発明によるサーボ制御装置によってサーボ制御された制御対象の特性を示すボード線図である。

【図5】工作機械の速度制御系開ループボード線図である。

【図6】速度制御比例ゲインを上げた場合のボード線図である。

【図7】一次遅れフィルタのカットオフ周波数を下げた場合のボード線図である。

【図8】反共振、共振の組がそれぞれ100Hzと250Hz付近にある制御対象の特性を示すボード線図である。

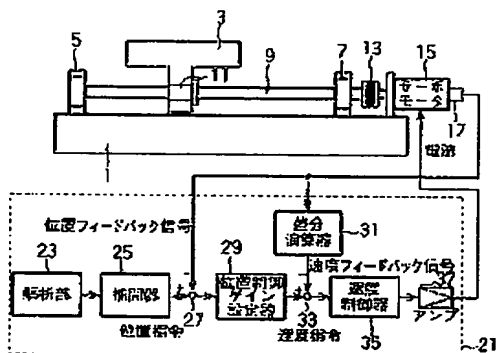
*【図9】帯域阻止フィルタの特性を示すボード線図である。

【図10】制御対象の特性と帯域阻止フィルタの特性とを組み合わせた特性を示すボード線図である。

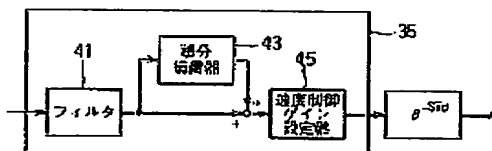
【符号の説明】

- 1 ベッド
- 3 テーブル
- 9 ボールねじ
- 11 ボールねじナット
- 15 サーボモータ
- 17 ロータリエンコーダ
- 21 数値制御装置
- 23 解析部
- 25 積分器
- 27 位置偏差演算部
- 29 位置制御ゲイン設定器
- 31 差分演算器
- 33 速度偏差演算部
- 35 速度制御器
- 37 アンプ
- 41 フィルタ
- 43 積分補償器
- 45 速度制御ゲイン設定器

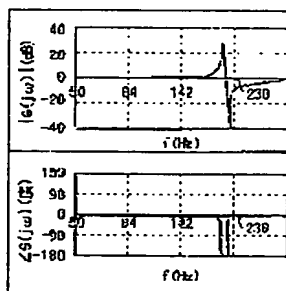
【図1】



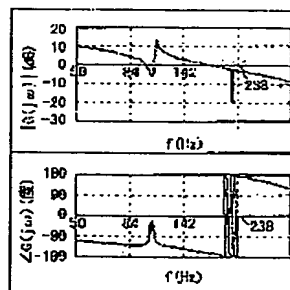
【図2】



【図3】



【図4】

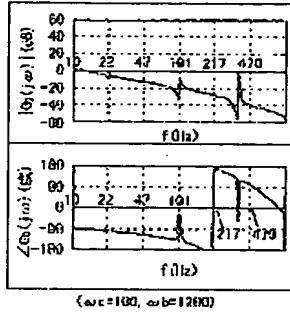


($\omega_1=213$, $\omega_2=230$, $\xi_1=0.002$, $\xi_2=0$)

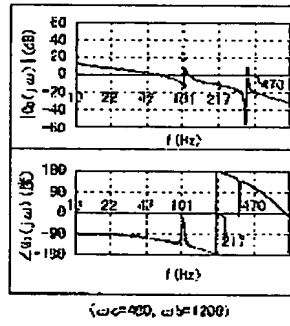
(5)

特開2000-322105

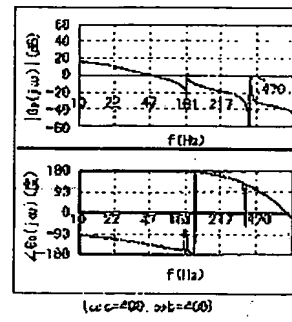
【図5】



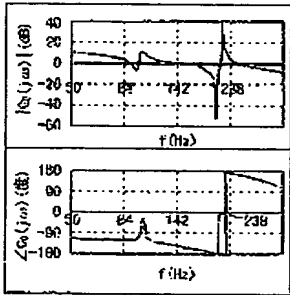
【図6】



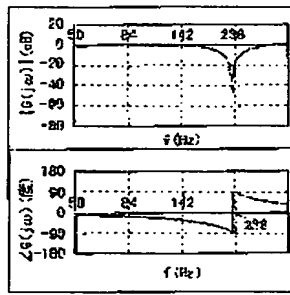
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

